

z 軸方向移動の問題について

3D lattice surgery で z 方向の移動は、pipeline 内の qubit 同士で CNOT をかけないと行けないため、あまりしたくない。looped pipeline の論文では CZ ゲートをかけるのに 100ns かかると仮定されている。そこで、CZ ゲートかける時間が 1 回だけで済むような pipeline の配置を考える。pipeline の性質として、最上階の平面と最下階の平面は隣接しているため Figure 1 のような移動が可能である。

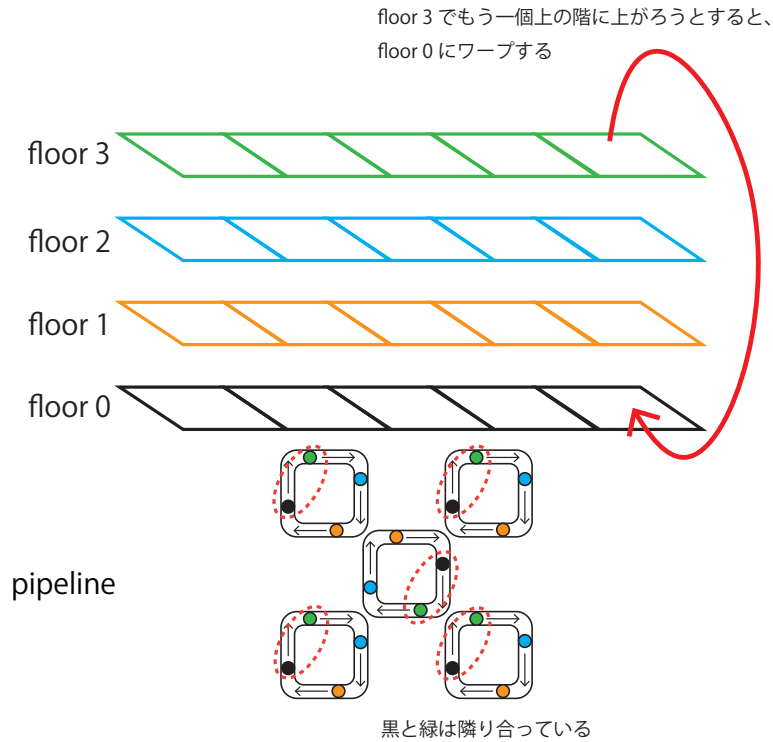


Figure 1

それぞれの pipeline 内の qubit の種類を変えることによって Figure 2 のような構造を作ることができる。左から 6 番目の pipeline では、黒とピンクが隣り合っているから、floor 4 から floor 0 へのワープが可能。7 番目の pipeline でも同様に、黒と緑が隣り合っているから floor 3 から floor 0 へのワープが可能。8 番目についても同じ。

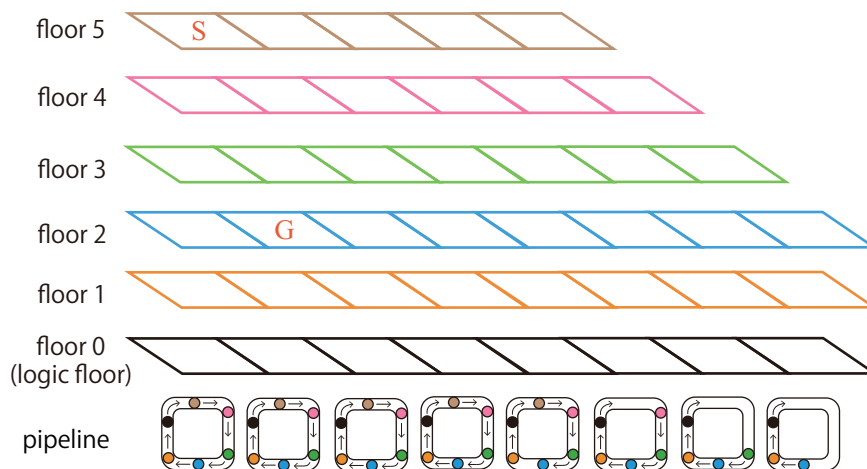


Figure 2

floor 5 にスタート地点 (S)、floor 2 にゴール地点 (G) を置き、これらを lattice surgery でつなげるとすると、Figure 3 のようにすればよい。まず、S から経路を伸ばすと同時に G から経路を伸ばす。そして、floor 5 → floor 0 と floor 2 → floor 0 の CZ は同時にかける。最後に floor 0 上で2つの経路をつなぐ。このようにすれば、スタート地点とゴール地点がどの階にあったとしても、CZ の時間を 1 回だけ待つだけでつなぐことができる。

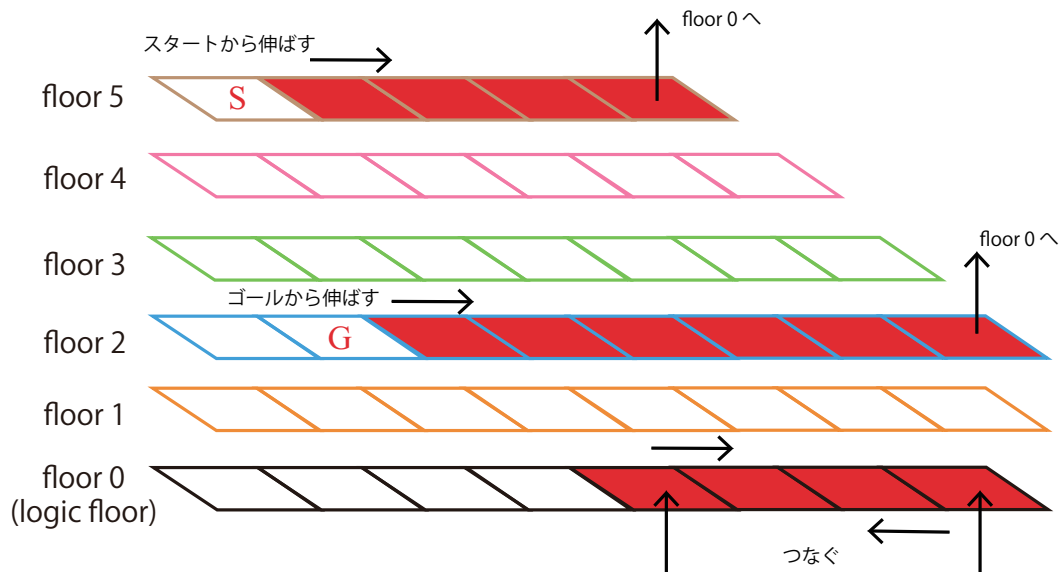


Figure 3

pipeline 内の qubit が 2 個もしくは 3 個の部分をとこどこに配置しておけば、1 回の z 軸方向の移動でどの階にも行けるが、どの色の qubit を 2 個または 3 個選ぶと最適であるかはかなり複雑。このような問題は多角形の辺と対角線上での一筆書きの問題に落とし込むことができる。例えば、0 階から 4 階までしかない構造を考えると Figure 4 のようになる。

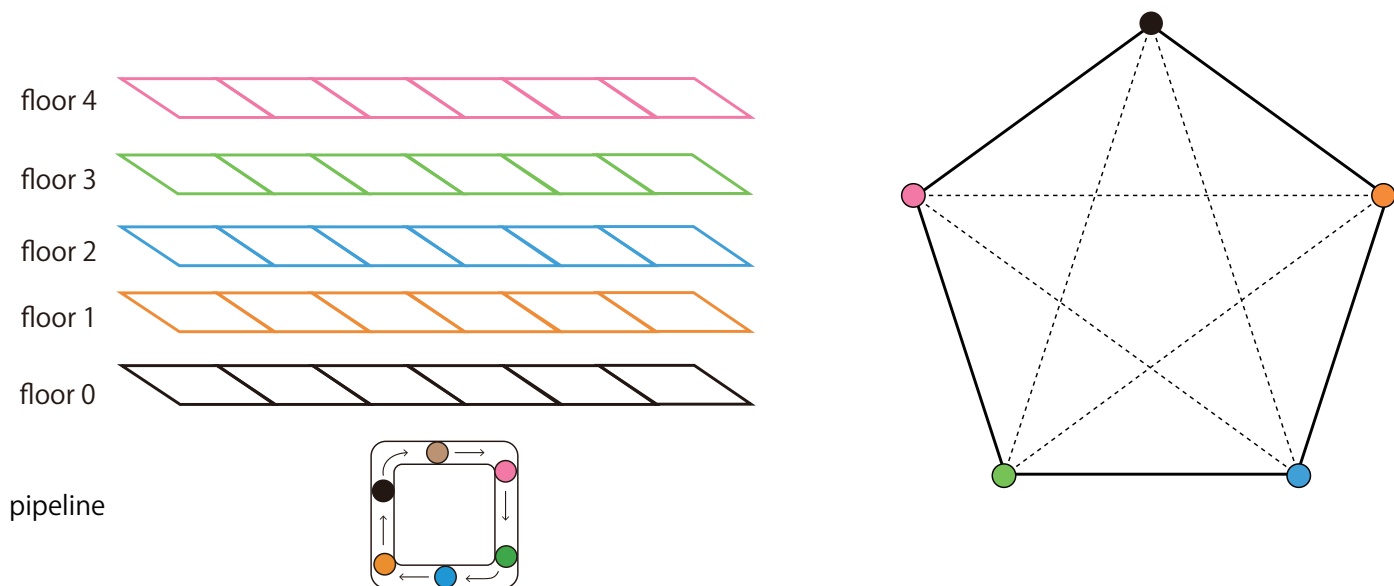


Figure 4

Figure 4 の右側の五角形の実線は左側の隣り合う階 (floor 4 と floor 0 も隣り合う) を表している。今、どの階にいても他のすべての階に 1 回だけの z 軸方向の移動だけで行けるようにするためには、五角形の破線で繋がれている点同士を実線につなぐような pipeline 必要である。例えば、Figure 5 右側のような一筆書きで破線をなぞる。

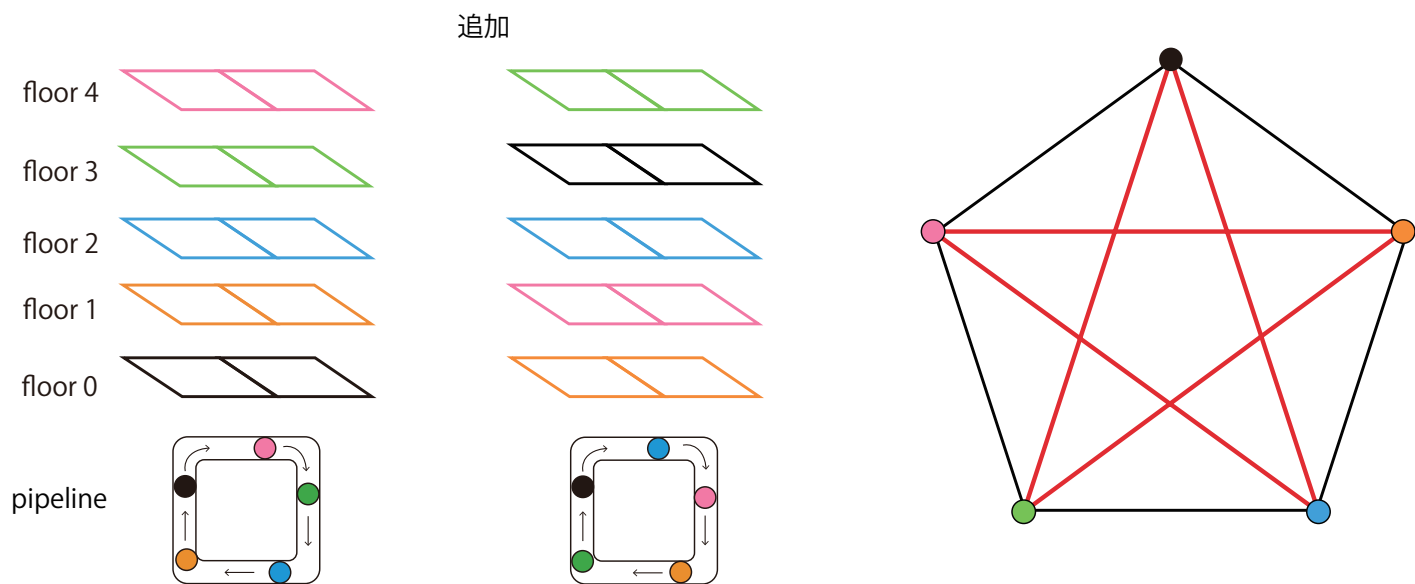


Figure 5

このようにすると、Figure 5 左側のような 1 種類の pipeline を追加することで、どの階にいたとしても他のすべての階に 1 回の z 軸方向の移動でいける。ただし、2 種類の pipeline の同期の難しさについては全く考慮していない。なので、おそらく Figure 6 のようにするほうが同期は簡単と思われる。

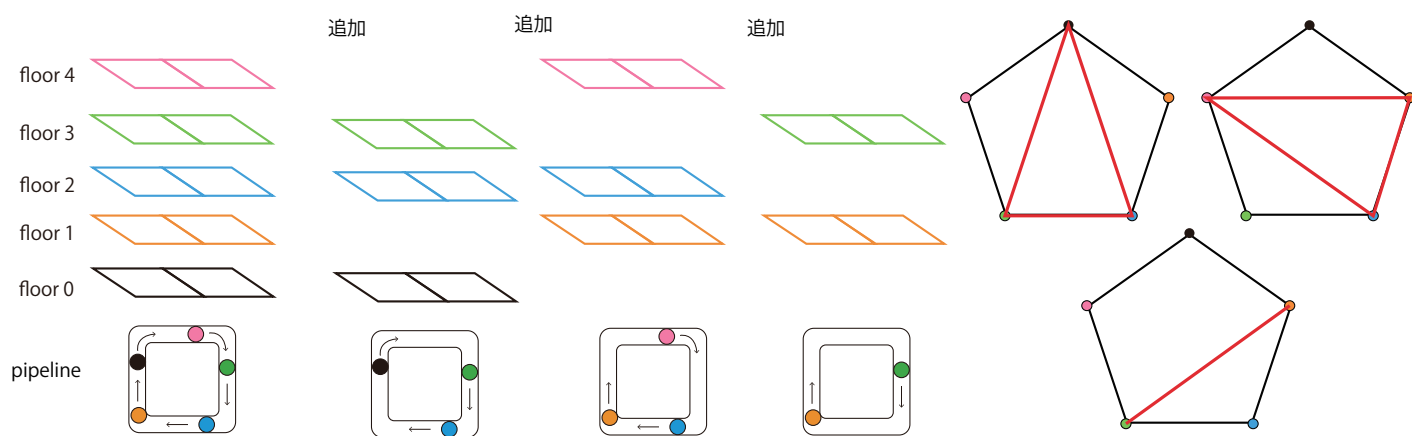


Figure 6